

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Deutsche Kl.: 21 d1, 22

52

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 1488 698

Aktenzeichen: P 14 88 698.7 (S 98679)

Anmeldetag: 5. August 1965

Offenlegungstag: 19. Juni 1969

Ausstellungspriorität: —

54

Unionspriorität

55

Datum: —

56

Land: —

57

Aktenzeichen: —

58

Bezeichnung: Elektrische Antriebsvorrichtung, insbesondere Antriebsvorrichtung für eine kleine mechanische Nutzlast

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Siemens AG, Berlin und München, 8000 München

Vertreter: —

72

Als Erfinder benannt: Künemund, Friedrich, 8000 München

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 19. 7. 1968

DT 1488698

6. 69 909 825/556

7/80

SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT  
Berlin und München

München 2, den 28. XI. 1958  
Wittelsbacherplatz 2  
P 14 88 698.7

Elektrische Antriebsvorrichtung, insbesondere  
Antriebsvorrichtung für eine kleine mechanische  
Nutzlast

Die Erfindung betrifft eine elektrische Antriebsvorrichtung, insbesondere Antriebsvorrichtung für eine kleine mechanische Nutzlast, zur Umsetzung einer mechanischen Schwingungsbewegung des treibenden Organs in eine mechanische Drehbewegung des getriebenen Organs unter Verwendung elektromechanischer Wandler Elemente.

Für Regel- und Steuerzwecke werden häufig elektrische Antriebsvorrichtungen benötigt, die nur eine verhältnismäßig kleine mechanische Nutzlast anzutreiben haben. In erster Linie wäre hierbei zur Lösung dieser Aufgabe an einen Elektromotor zu denken, der entsprechend des kleinen von ihm geforderten Drehmoments verhältnismäßig klein ausgebildet sein könnte. Wegen der relativ kleinen zu treibenden mechanischen Nutzlast läßt sich mit guter Näherung sagen, daß ein derartiger Elektromotor praktisch im Leerlauf betrieben wird. Bekanntlich sind die Leerlaufverluste eines Elektromotors im wesentlichen durch seine Kupfer- und Eisenverluste sowie durch die mechanischen Verluste gegeben, die durch die Reibung der Antriebswelle entstehen. Diese Leerlaufverluste lassen sich jedoch unter ein gewisses, der Bauart des Elektromotors entsprechendes Minimum nicht herabdrücken, d.h. sie können nicht entsprechend der mechanischen Nutzlast verkleinert werden. Aus diesem Grund ergibt sich für Elektromotoren, die nur eine kleine mechanische Nutzlast anzutreiben haben, ein verhältnismäßig schlechter Wirkungsgrad. Die-

PA 65/2676 Hk/Bri

- 2 -

909825/0566

Neue Unterlagen Art. 7, § 1 Abs. 2 Nr. 1 Satz 3 des Änderungsges. v. 4. 9. 1967

ser Umstand wird insbesondere dann als störend empfunden, wenn der Elektromotor beispielsweise in einer Regelschaltung verwendet werden soll, bei der die übrigen Schaltelemente selbst einen nur geringen Leistungsbedarf haben und bei der die vom Elektromotor aufgenommene Leistung bereits einen erheblichen Teil der insgesamt zur Verfügung stehenden Leistung beanspruchen würde.

Durch die französische Patentschrift 754 305 ist bereits ein auf dem elektrostatischen Prinzip beruhender Motor bekannt geworden. Der Rotor dieses Motors besteht dabei aus einer kreisförmigen Scheibe eines Piezokristalls, der mit Hilfe wenigstens zweier sich diametral gegenüberliegender Kondensatorplatten zu Schwingungen in seiner Eigenfrequenz angeregt wird. Aufgrund der Eigenschwingungen des Piezokristalls entstehen an seiner Oberfläche elektrische Ladungen, so daß der Kristall unter dem Einfluß der elektrostatischen Wechselfelder eine rotierende Bewegung ausführt. Zur Erzielung dieser Wirkung ist es deshalb erforderlich, daß zwischen den das elektrostatische Feld erzeugenden Kondensatorplatten und dem Piezokristall ein Luftspalt verbleibt, weshalb eine verhältnismäßig hohe elektrische Wechselspannung zur Schwingungsanregung erforderlich ist. Damit wird die Anordnung verhältnismäßig hochohmig und es wird zur Erzielung der erforderlichen Wechselspannung ein Transformator erforderlich, an dessen Sekundärwicklung die die Schwingungsanregung bewirkenden Kondensatorplatten angeschlossen sind. Gegebenenfalls wird der Sekundärkreis durch Parallelschalten eines Kondensators zu einem Parallelresonanzkreis ergänzt. Abgesehen davon, daß verhältnismäßig hohe elektrische Wechselspannungen in vielerlei Schaltungsanordnungen gerade vermieden werden sollen, treten wegen der Verwendung von Transformatoren bei der bekannten Anordnung auch zusätzliche Verluste auf. Die gleichen Überlegungen gelten auch für eine in der gleichen Patentschrift

PA 65/2676

- 3 -

909825/0556

angegebenen Abwandlung dieser Ausführungsform, bei der der Rotor durch eine metallische Scheibe gebildet wird, deren Drehbewegung durch Wirbelströme zustande kommt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den vorerwähnten Schwierigkeiten in verhältnismäßig einfacher Weise zu begegnen. Unter anderem soll ein Weg zur Schaffung einer elektrischen Antriebsvorrichtung gezeigt werden, die trotz einer verhältnismäßig kleinen anzutreibenden Nutzlast einen hohen Wirkungsgrad hat, ohne daß hierfür besonders hohe elektrische Wechselspannungen erforderlich sind.

Von einer elektrischen Antriebsvorrichtung, insbesondere Antriebsvorrichtung für eine kleine mechanische Nutzlast, zur Umsetzung einer mechanischen Schwingungsbewegung des treibenden Organs in eine mechanische Drehbewegung des getriebenen Organs unter Verwendung elektromechanischer Wandlerelemente ausgehend, wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß als treibendes Organ ein mechanischer Biegeresonator verwendet ist, dessen mechanische Abmessungen und dessen der Schwingungsanregung dienenden Anregungselemente derart gewählt sind, daß im Biegeresonator zwei aufeinander senkrecht stehende Biegeeigenschwingungen zumindest näherungsweise bei der gleichen Frequenz auftreten, und daß die Schwingungsanregung der beiden aufeinander senkrecht stehenden Biegeeigenschwingungen mit einer um etwa 90 Grad unterschiedlichen Phasenlage erfolgt.

Insbesondere ist es dabei vorteilhaft, dem mechanischen Biegeresonator einen quadratischen oder einen kreisförmigen Querschnitt zu geben. Dabei kann der mechanische Biegeresonator aus einem elektrostriktiv inaktiven Material, wie beispielsweise Stahl, oder aus einem elektrostriktiv aktiven Material hoher mechanischer Güte, wie beispielsweise einer Piezokeramik oder Quarz bestehen.

PA 65/2676

- 4 -

909825/0556

BAD ORIGINAL

Zur Schwingungsanregung werden zweckmäßig als Plättchen elektrostriktiven Materials ausgebildete Anregungselemente verwendet, die am Biegeresonator befestigt und auf den dem Biegeresonator abgewandten Oberflächen mit einer elektrisch leitenden Schicht versehen sind.

Für einen mechanisch stabilen Aufbau ist es zweckmäßig, den Biegeresonator in dem den Biegeeigenschwingungen entsprechenden Schwingungsknoten mittels eines Halteelements zu halten.

Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das als mechanischer Biegeresonator ausgebildete treibende Organ über eine Reibungskupplung mit dem die mechanische Drehbewegung ausführenden getriebenen Organ gekuppelt ist.

Bei der Erfindung wird von der Erkenntnis ausgegangen, daß ein mechanischer Resonator mit beispielsweise rundem oder quadratischem Querschnitt mit Hilfe von elektromechanischen Wandler-Systemen zu zwei aufeinander senkrecht stehenden Biegeschwingungen angeregt werden kann. Wenn dabei die Amplituden der dem Wandler-System zugeführten Antriebsspannungen vorzugsweise gleich groß sind, wenn die Frequenz der Antriebsspannungen den Eigenfrequenzen des Biegeresonators zumindest näherungsweise entspricht, und wenn die dem Wandler-System zugeführten Antriebsspannungen eine um genau oder zumindest näherungsweise  $90^\circ$  unterschiedliche Phasenlage haben, dann beschreiben die Enden eines derart angetriebenen Biegeresonators in der Art einer Lissajous'schen Figur einen Kreis. Diese Bewegung läßt sich mit Hilfe einer geeigneten Anordnung, wie beispielsweise einer Reibungskupplung, in eine Drehbewegung des anzutreibenden Organs überführen. Wegen der hohen mechanischen Güte des mechanischen Biegeresonators bleiben die Leerlaufverluste außerordentlich gering, wodurch sich wiederum ein großer Wirkungsgrad der Antriebseinrichtung bei kleiner mechanischer Nutzlast ergibt.

PA 65/2676

- 5 -

909825/0556

Anhand von Ausführungsbeispielen soll nachstehend die Erfindung noch näher erläutert werden.

Die Fig.1 zeigt einen mechanischen Biegeresonator 5, der beispielsweise quadratischen Querschnitt hat und der in seinem mittleren Bereich mit zwei elektromechanischen Wandlerssystemen  $W_1$  und  $W_2$  versehen ist. Die Wandlerssysteme  $W_1$  und  $W_2$  sind dabei an zwei zueinander senkrechten Oberflächen des Biegeresonators befestigt und bestehen jeweils aus einem dünnen Plättchen 6 bzw. 6' eines elektrostriktiven Materials. Als elektrostriktives Material eignet sich hierzu insbesondere eine Piezokeramik, wie beispielsweise eine Kalzium-Barium-Titanat-Keramik. Die Plättchen 6 und 6' sind dabei auf den dem Resonator zugewandten Oberflächen mit einer metallischen Schicht versehen, die beispielsweise in bekannter Weise durch Aufdampfen im Vakuum aufgebracht sein kann. Wenn der Biegeresonator 5 aus einem metallischen Material besteht, dann lassen sich die Plättchen 6 und 6' am Biegeresonator 5 auflöten. Wenn der Biegeresonator 5 aus einem nichtmetallischen Material besteht, dann können die Plättchen 6 und 6' beispielsweise durch Klebung am Biegeresonator 5 befestigt werden. Auf den dem Resonator abgewandten Oberflächen sind die aus elektrostriktivem Material bestehenden Plättchen 6 und 6' ebenfalls mit einer dünnen metallischen Schicht versehen, an die die zu den Anschlußklemmen 1' und 2' führenden Anschlußdrähte 7 bzw. 8 beispielsweise durch Lötung befestigt sind. Wenn der Resonator 5 aus einem metallischen Material besteht, dann können die zu den Anschlußklemmen 1 bzw. 2 führenden Anschlußdrähte 9 bzw. 10 in der gezeichneten Weise direkt mit dem Resonator 5 verbunden sein. Falls der Resonator 5 aus einem elektrisch nicht leitenden Material besteht, dann müssen die Anschlußdrähte 9 bzw. 10 mit den den Resonatoroberflächen zugewandten metallischen Schichten der Plättchen 6 bzw. 6' beispielsweise durch Lötung elektrisch leitend verbunden sein. Als Resonatormaterial ist ferner

PA 65/2676

- 6 -

909825/0556

ein elektrostriktiv aktives Material hoher mechanischer Güte geeignet, wie beispielsweise Quarz oder eine Piezokeramik. Bei Verwendung derartiger Materialien können deren elektrostriktive Eigenschaften zugleich zur Anregung der Biegeschwingungen herangezogen werden.

Die elektrische Wirkungsweise einer derartigen Anordnung läßt sich folgendermaßen erklären.

Legt man an die Eingangsklemmen 1-1' eine elektrische Wechselspannung  $U_1$ , dann wird das aus elektrostriktivem Material bestehende Plättchen 6 im Rhythmus der elektrischen Wechselspannung gedehnt und verkürzt. Über den Querkontraktionseffekt ergibt sich dadurch auch eine Dehnungs- und Verkürzungsbewegung des Plättchens 6 in Richtung der Längsachse 12 des Resonators, wodurch der Resonator 5 immer dann zu Biegeschwingungen entsprechend der elastischen Linie  $E_1$  angeregt wird, wenn die Frequenz der anregenden Wechselspannung  $U_1$  mit einer der Biegeeigenfrequenzen des Resonators 5 zumindest näherungsweise übereinstimmt. Durch eine an den Klemmen 2-2' anliegende Wechselspannung  $U_2$ , deren Frequenz mit der Frequenz der Wechselspannung  $U_1$  übereinstimmt, wird in genau der gleichen Weise der Resonator 5 zu einer Biegeschwingung entsprechend der elastischen Linie  $E_2$  angeregt, deren Ebene senkrecht auf der Ebene der elastischen Linie  $E_1$  steht. Sind dabei die Amplituden der Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  gleich groß, dann führt der Resonator 5 zwei aufeinander senkrecht stehende Biegeeigenschwingungen gleicher Frequenz aus, die am Ende des Resonators gleich große Amplituden  $A_1$  und  $A_2$  haben. Voraussetzung zur Erzielung gleich großer Schwingungsamplituden ist, daß die Querschnittsabmessungen des Resonators so gewählt sind, daß die Schwingungsbewegungen in beiden zueinander senkrechten Richtungen etwa den gleichen Bedingungen unterworfen sind. Im einfachsten Fall läßt sich

PA 65/2676

- 7 -

909825/0556

diese Voraussetzung durch einen quadratischen oder einen kreisförmigen Querschnitt erfüllen, der homogen über die gesamte Länge des Resonators verläuft. Bei Verwendung eines derartigen Querschnittes ist dann lediglich darauf zu achten, daß der sog. elektromechanische Kopplungsfaktor, der bekanntlich ein Maß für die Umwandlung der einem Wandler-system zugeführten elektrischen Energie in mechanische Schwingungsenergie darstellt, für die beiden Wandler-systeme  $W_1$  und  $W_2$  gleich groß ist. Diese Bedingung läßt sich beispielsweise dadurch erfüllen, daß die Wandler-systeme  $W_1$  und  $W_2$  untereinander gleichartig ausgebildet und innerhalb gleicher Längenabschnitte am Resonator befestigt werden. Wenn zusätzlich die Anregungsspannungen  $U_1$  und  $U_2$  eine um  $90^\circ$  unterschiedliche Phasenlage haben, dann haben auch die in den Schwingungsebenen  $E_1$  bzw.  $E_2$  verlaufenden Biegeschwingungen eine um  $90^\circ$  unterschiedliche Phasenlage, wodurch wiederum die Enden des Resonators 5 sich auf einer Kreisbahn K bewegen, deren Mittelpunkt auf der Mittelachse 12 liegt und deren Radius die Größe  $A_1$  bzw.  $A_2$  hat. Zweckmäßig werden hierzu die Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  aus einer einzigen Wechselspannungsquelle, beispielsweise einem mit Transistoren aufgebauten Oszillator abgeleitet und durch ein Phasenverschiebungsglied bekannter Art den Klemmen 1-1' bzw. 2-2' zugeführt. Um die Biegeeigenbewegungen des Resonators 5 nicht nachteilig zu beeinflussen, beispielsweise zu bedämpfen, ist es zweckmäßig, die Anschlußdrähte 7 bis 10 verhältnismäßig dünn auszubilden, so daß diese Drähte gegenüber dem Resonator 5 ein nur geringes Gewicht haben. Aus den gleichen Gründen ist es ferner zweckmäßig, den Resonator 5 in einem den Biegeeigenbewegungen entsprechenden Schwingungsknoten zu halten. Hierzu ist im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 der metallische Haltedraht 13 vorgesehen, der im Schwingungsknoten der Biegeschwingungen am Resonator befestigt ist und der der Verankerung des Resonators in einem zur besseren Übersicht nicht näher dargestellten Gehäuse dient.

PA 65/2676

- 8 -

909825/0556



In der Fig.2 ist eine Möglichkeit gezeigt, wie die von den Enden des Resonators 5 als treibendes Organ ausgeführte Kreisbewegung in eine Drehbewegung des getriebenen Organs übergeführt werden kann. Der Resonator 5 ist dabei nur noch teilweise gezeichnet. Auf der bereits erwähnten Kreisbahn K ist hierzu ein Band 16 aus einem festen Material an einem Ritzel 17 befestigt, in das der am Resonatorende angebrachte Zapfen 15 an der Innenfläche des Bandes 16 entlanggleiten kann. Das Ritzel 17 ist mit einer Welle 19 verbunden, deren Mittelachse 12' mit der Mittelachse 12 des sich in Ruhe gedachten Resonators 5 fluchtet. Die Welle 19 ist in einem nur schematisch angedeuteten Lager 18 gelagert. Durch die Reibung zwischen dem Zapfen 15 und der Innenfläche des Bandes 16 wird das Ritzel 17 in eine Drehbewegung versetzt. Das Ritzel 17 kann als Antrieb eines in der Fig.2 nicht näher gezeichneten Getriebes dienen, das die durch die Abmessungen des Biege-resonators gegebene Drehzahl in der erforderlichen Weise übersetzt.

Bekanntlich ist die Güte eines mechanischen Resonators verhältnismäßig groß, weswegen die Leerlaufverluste der beschriebenen Antriebsvorrichtung im Gegensatz zu einem Elektromotor klein gehalten werden können. Der Wirkungsgrad einer derartigen Vorrichtung wird nämlich praktisch nur noch durch die mechanischen Verluste des Resonators bestimmt, die bei kleiner Nutzlast ebenfalls entsprechend klein sind, insbesondere dann, wenn das Ritzel 17 nach einer kurzen Anlaufzeit etwa die selbe Drehzahl wie der Biegeresonator erreicht hat.

Die Umsetzung der mechanischen Schwingungsbewegung in eine Drehbewegung wurde anhand einer Anordnung erläutert, die in der Art einer Reibungskupplung ausgebildet ist. In ähnlicher Weise eignen sich auch beliebige andere Arten von Kupplungen, wenn dabei nur darauf geachtet wird, daß der Schwingungsvor-

PA 65/2676

909825/0556

gang des mechanischen Biegeresonators nicht in unzulässiger Weise bedämpft wird.

Im Beispiel der Fig.1 sind zur Anregung der Biegeschwingungen elektromechanische Wandler Systeme  $W_1$  und  $W_2$  vorgesehen, die den sog. Querkontraktionseffekt zur Anregung von Biegeschwingungen ausnutzen. Gleiche elektrische Verhältnisse ergeben sich auch dann, wenn zur Anregung der Biegeschwingungen elektrostriktive Wandler Systeme verwendet werden, bei denen der sog. direkte piezoelektrische Effekt zur Anregung der Biegeschwingungen herangezogen wird. Derartige Wandler Systeme sind bereits in älteren Anmeldungen vorgeschlagen worden.

8 Patentansprüche

2 Figuren

PA 65/2676

- 10 -

909825/0556

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Elektrische Antriebsvorrichtung, insbesondere Antriebsvorrichtung für eine kleine mechanische Nutzlast, zur Umsetzung einer mechanischen Schwingungsbewegung des treibenden Organs in eine mechanische Drehbewegung des getriebenen Organs unter Verwendung elektromechanischer Wandlerelemente, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als treibendes Organ ein mechanischer Biege-  
resonator (5) verwendet ist, dessen mechanische Abmessungen und dessen der Schwingungsanregung dienenden Anregungselemente ( $W_1, W_2$ ) derart gewählt sind, daß im Biege-  
resonator (5) zwei aufeinander senkrecht stehende Biege-  
eigenschwingungen ( $A_1, A_2$ ) zumindest näherungsweise bei der gleichen Frequenz auftreten, und daß die Schwingungs-  
anregung der beiden aufeinander senkrecht stehenden Biege-  
eigenschwingungen ( $A_1, A_2$ ) mit einer um etwa 90 Grad unterschiedlichen Phasenlage erfolgt.
2. Elektrische Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der mechanische Biegeresonator (5) quadratischen Querschnitt hat.
3. Elektrische Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der mechanische Biegeresonator (5) kreisförmigen Querschnitt hat.
4. Elektrische Antriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der mechanische Biegeresonator (5) aus einem elektrostrikativ inaktiven Material, beispielsweise Stahl, besteht.

PA 65/2676

- 11 -

909825/0556

Neue Unterlagen Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 Satz 3 des Änderungsges. v. 4. 9. 1977

5. Elektrische Antriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , daß der mechanische Biegeresonator (5) aus einem  
elektrostriktiv aktiven Material hoher mechanischer Güte,  
beispielsweise einer Piezokeramik oder Quarz, besteht.
6. Elektrische Antriebsvorrichtung nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , daß die der Schwingungsanregung dienenden An-  
regungselemente als Plättchen (6,6') elektrostriktiven  
Materials ausgebildet sind, die am Biegeresonator (5)  
befestigt und auf den dem Biegeresonator (5) abgewandten  
Oberflächen mit einer elektrisch leitenden Schicht ver-  
sehen sind.
7. Elektrische Antriebsvorrichtung nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , daß der Biegeresonator (5) in den den Biege-  
eigenschwingungen entsprechenden Schwingungsknoten mittels  
eines Halteelementes (13) gehalten ist.
8. Elektrische Antriebsvorrichtung nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , daß das als mechanischer Biegeresonator (5)  
ausgebildete treibende Organ über eine Reibungskupp-  
lung (15,16) mit dem die mechanische Drehbewegung aus-  
führenden getriebenen Organ (17) gekuppelt ist.

909825/0556

-12-  
Leerseite



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**